
AKTUALNOŚCI Z POSTĘPÓW W REALIZACJI PROJEKTU/ NEWS OF THE PROJECT'S PROGRESS

Spotkanie informacyjne dotyczące wyników projektu ForMag odbędzie się w dniu 18 kwietnia 2024 r. o godz. 10 w Diseltechnika Lublin, ul. Metalurgiczna 44.

An information meeting on the results of the ForMag project will be held on April 18, 2024 at 10 a.m. at Diseltechnika Lublin, 44 Metalurgiczna Street.



The information meeting on the results of the ForMag project will be held on 18 April 2024r. at 10 a.m. at Diseltechnika Lublin, 44 Metalurgiczna St.

Project title: **"New technology of forming magnesium alloy wheels for light vehicles"**

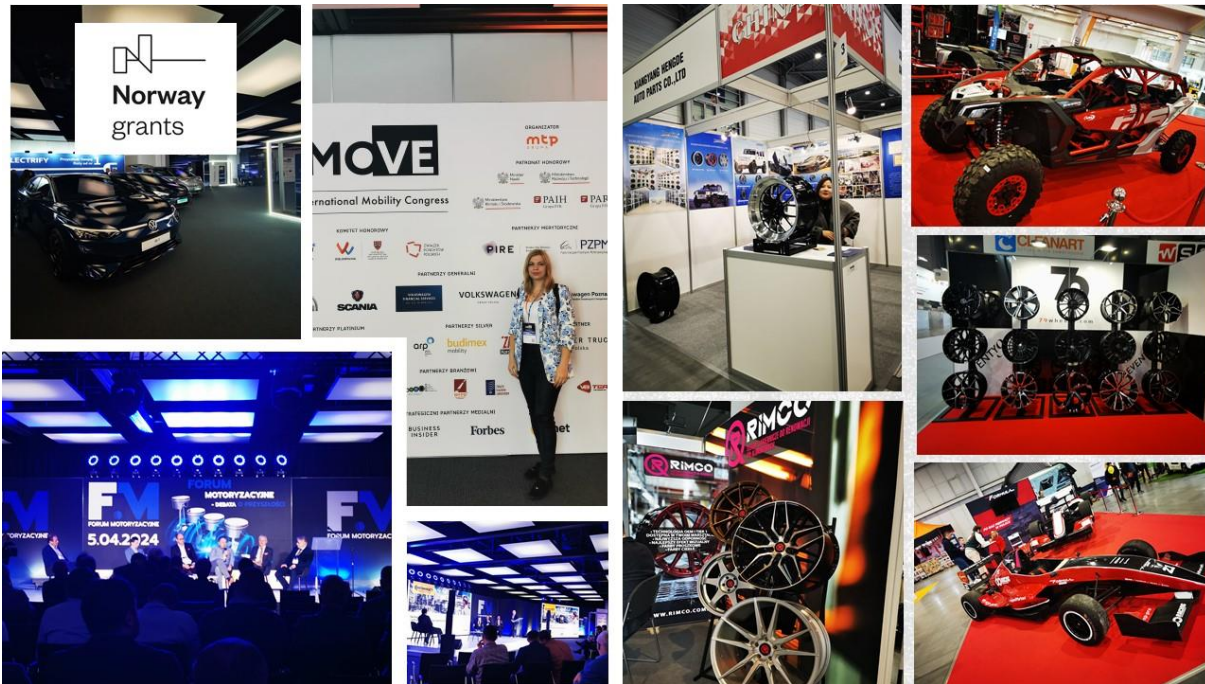
"The research leading to these results has received funding from the Norway Grants 2014-2021 through the National Centre for Research and Development"

Dla naukowców projektu ForMag uczestnictwo w 4-dniowych Targi Techniki Motoryzacyjnej 4-7.04.2024 było doskonałą okazją do rozmów o nowej opracowanej technologii kształtowania plastycznego kół ze stopów magnezu dla pojazdów lekkich oraz wymiany doświadczeń z ekspertami i praktykami branży motoryzacyjnej. Podczas targów naukowcy uczestniczyli również w jednym z najważniejszych spotkań dotyczących elektromobilności MOVE "International Mobility Congress" oraz w organizowanym po raz pierwszy na targach „Forum Motoryzacyjnym”.

„Badania prowadzące do niniejszych wyników otrzymały dofinansowanie z Funduszy Norweskich na lata 2014-2021 za pośrednictwem Narodowego Centrum Badań i Rozwoju”

For ForMag project scientists, participation in the 4-day Automotive Technology Fair 4-7.04.2024 was an excellent opportunity to talk about the new developed technology of forming magnesium alloy wheels for light vehicles and to exchange experiences with automotive experts and practitioners. During the fair, the scientists also participated in one of the most important meetings on electromobility MOVE "International Mobility Congress" and in the "Automotive Forum" organized for the first time at the fair.

"The research leading to these results has received funding from the Norway Grants 2014-2021 through the National Centre for Research and Development"

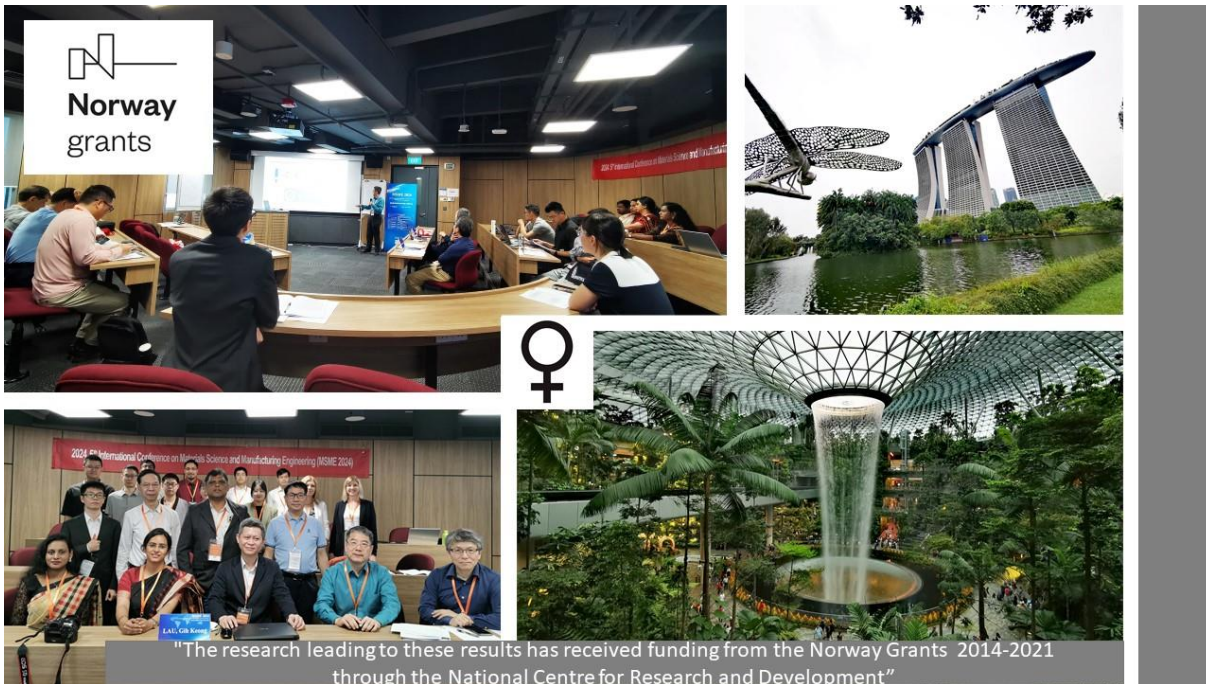


Podczas konferencji „MSME 2024, 5th International Conference on Materials Science and Manufacturing Engineering” organizowanej w dniach 18-20.01.2024r. przez Hong Kong Society of Mechanical Engineers w Nanyang Technological University w Singapurze #NTUsg (jednym z najlepszych uniwersytetów technologicznych na świecie) kobiety realizujące projekt ForMag przedstawiły wyniki prowadzonych badań. Była to doskonała okazja do wymiany doświadczeń i poznania naukowców, inżynierów z całego świata.

„Badania prowadzące do niniejszych wyników otrzymały dofinansowanie z Funduszy Norweskich na lata 2014-2021 za pośrednictwem Narodowego Centrum Badań i Rozwoju”

During the "MSME 2024, 5th International Conference on Materials Science and Manufacturing Engineering" organized on 18-20.01.2024 by the Hong Kong Society of Mechanical Engineers at Nanyang Technological University in Singapore #NTUsg (one of the best technological universities in the world), women implementing the ForMag project presented the results of their research. It was an excellent opportunity to exchange experiences and meet scientists, engineers from all over the world.

"The research leading to these results has received funding from the Norway Grants 2014-2021 through the National Centre for Research and Development"



W czasopiśmie *Advances in Science and Technology Research Journal*, ukazał się artykuł o stopach magnezu wykorzystywanych do produkcji kół pojazdów lekkich: „Review of Magnesium Alloys Used in the Manufacture of Wheels for Light Vehicles”, dostępny do przeczytania pod linkiem: <https://doi.org/10.12913/22998624/174686>

The Advances in Science and Technology Research Journal, published an article on magnesium alloys used for light vehicle wheels: "Review of Magnesium Alloys Used in the Manufacture of Wheels for Light Vehicles" available to read at the link

<https://doi.org/10.12913/22998624/174686>

Review of Magnesium Alloys Used in the Manufacture of Wheels for Light Vehicles

W dniach 21-22 września 2023 r. członkowie projektu ForMag wzięli udział w 12th INTERNATIONAL CONFERENCE MECHANICAL TECHNOLOGIES AND STRUCTURAL MATERIALS 2023 zorganizowanej przez CROATIAN SOCIETY FOR MECHANICAL TECHNOLOGIES. Podczas konferencji zaprezentowano wyniki projektu oraz nawiązano współpracę z naukowcami biorącymi udział w wydarzeniu. Była to doskonała okazja do zapoznania się z działalnością naukowo-badawczą UNIVERSITY OF SPLIT będącego gospodarzem i współorganizatorem konferencji.

„Badania prowadzące do niniejszych wyników otrzymały dofinansowanie z Funduszy Norweskich na lata 2014-2021 za pośrednictwem Narodowego Centrum Badań i Rozwoju”.

Members of the ForMag project participated in the 12th INTERNATIONAL CONFERENCE MECHANICAL TECHNOLOGIES AND STRUCTURAL MATERIALS 2023 organized on 21-22 September 2023 by the CROATIAN SOCIETY FOR MECHANICAL TECHNOLOGIES. During the conference, the results of the project were presented and collaboration was established with the scientists participating in the event. It was an excellent opportunity to learn about the scientific and research activities of the UNIVERSITY OF SPLIT, which is the host and co-organizer of the conference.

"The research leading to these results has received funding from the Norway Grants 2014-2021 through the National Centre for Research and Development".



W dniach 6-8 września 2023 r. w Koszycach-Herlanach odbyła się międzynarodowa konferencja „PRO-TECH-MA 2023” organizowana przez Technical University of Košice, Faculty of Mechanical Engineering, podczas której dwoje naukowców zaprezentowało wyniki projektu ForMag. Wygłoszone zostały dwa referaty pt.: „Review of the types of magnesium wheels used in land Vehicles” oraz „Study of flow curves of die-cast az31 magnesium alloy under hot forming conditions”. Wymiana informacji o aktualnie prowadzonych pracach naukowo-badawczych zainicjowała dalszą współpracę międzynarodową.

„Badania prowadzące do niniejszych wyników otrzymały dofinansowanie z Funduszy Norweskich na lata 2014-2021 za pośrednictwem Narodowego Centrum Badań i Rozwoju”.

On September 6-8, 2023, an international conference "PRO-TECH-MA 2023" was held in Košice-Herlany, organized by the Technical University of Košice, Faculty of Mechanical Engineering, during which two researchers presented the results of the ForMag project. Two papers titled "Review of the types of magnesium wheels used in land Vehicles" and "Study of flow curves of die-cast az31 magnesium alloy under hot forming conditions" were presented. The exchange of information on current scientific and research work initiated further international cooperation.

"The research leading to these results has received funding from the Norway Grants 2014-2021 through the National Centre for Research and Development".



W ramach projektu ForMag dwóch naukowców uczestniczyło w stażu naukowym w Instytucie Odlewnictwa Technische Universität Bergakademie Freiberg w okresie od 24 lipca do 24 sierpnia 2023 roku. Brali oni udział w badaniach dotyczących wielowariantowych symulacji numerycznych procesów odlewania w formach metalowych przedkuwek kół ze stopu magnezu.

As part of the ForMag project, two researchers participated in a research internship at the Institute of Foundry Engineering of Technische Universität Bergakademie Freiberg from July 24 to August 24, 2023. They participated in research on numerical simulations of casting processes in metal molds of magnesium alloy wheel preforms.



6 czerwca 2023 roku w Zakładzie Obróbki Plastycznej w Świdniku odbyło się spotkanie informacyjne dotyczące postępów w realizacji projektu ForMag. Zakład Obróbki Plastycznej w Świdniku oferuje najwyższej jakości odkuwki matrycowe i swobodnie kute z przeznaczeniem dla przemysłu lotniczego oraz wielu innych gałęzi przemysłu. Specjalizuje się w procesach plastycznego kształtowania stopów aluminium, miedzi, żelaza i tytanu. W zakładzie produkowane są odkuwki kół ze stopów metali lekkich.

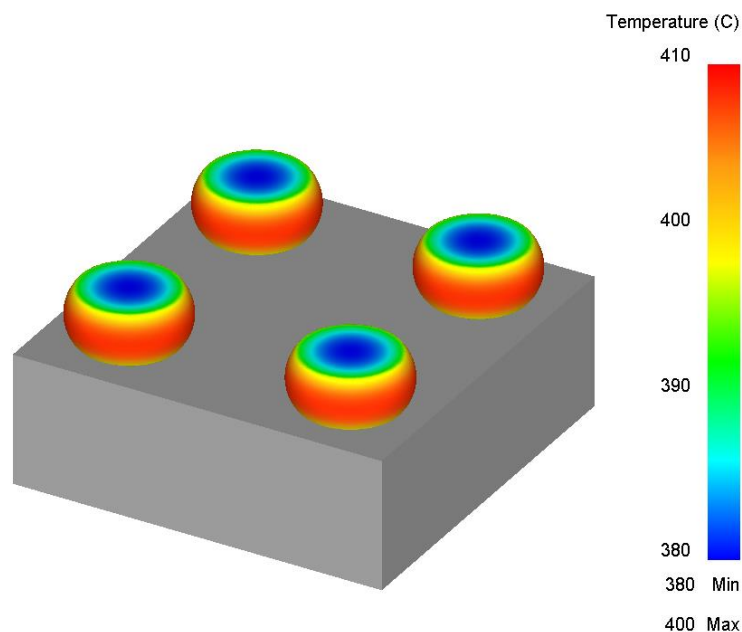
An information meeting on the progress of the ForMag project was held at the Swidnik Forging Plant on June 6, 2023. The ZOP Forging Plant offers the highest quality die forgings and freely forged products for the aerospace industry and many other industries. It specializes in metal forming processes for aluminum, copper, iron and titanium alloys. The plant produces light metal alloy wheel forgings.



Rysunek 5. Zdjęcie ze spotkania informacyjnego o projekcie ForMag w dniu 6 czerwca 2023 roku w Zakładzie Obróbki Plastycznej w Świdniku/ **Figure 5.** Photograph from the information meeting about the ForMag project on June 6, 2023 at the Swidnik Metal Forming Plant.

W 2023 roku zespół projektowy w ramach realizacji zadania projektowego nr 1 przeprowadził badania teoretyczne na podstawie symulacji numerycznych procesów kucia odlewanych stopów magnezu do form metalowych. Do symulacji zostały opracowane modele materiałowe stopów magnezu AZ31 i AZ91 odlewanych do form metalowych na podstawie przeprowadzonych badań plastometrycznych na symulatorze fizycznym Gleeble. Przeprowadzone symulacje numeryczne kucia swobodnego badanych stopów pozwoliły na analizę procesów pod względem: stanu naprężenia i odkształcenia, rozkładu temperatur oraz kryterium pęknięcia. Na podstawie wyników obliczeń możliwe było wstępne określenie wpływu parametrów procesu kucia wybranych do badań stopów magnezu na ich przebieg i jakość wyrobów oraz zidentyfikowanie zjawisk ograniczających.





In the year 2023, the project team, within the framework of project task No. 1, conducted theoretical research on the basis of numerical simulations of forging processes of cast magnesium alloys into metal molds. For the simulations, material models of AZ31 and AZ91 magnesium alloys cast into metal molds were developed from plastometric tests conducted on the Gleeble physical simulator. Numerical simulations of free forging of the studied alloys allowed to analyze the processes in terms of: stress and strain state, temperature distribution and fracture criterion. Based on the results of the calculations, it was possible to preliminarily determine the influence of the parameters of the forging process of the magnesium alloys selected for the study on their course and the quality of the products, as well as to identify limiting phenomena.



Rysunek 4. Wyniki MES spęczania odlewanego stopu magnezu AZ31 w temperaturze 400 °C do wartości odkształcenia 0,7/
Figure 4. FEA results of free forging cast magnesium alloy AZ31 at 400 °C to a strain of 0.7

W 2023 roku zespół projektowy w ramach realizacji zadania projektowego nr 1 przeprowadził badania doświadczalne kucia na gorąco stopów magnezu odlewanych do form metalowych. Badania wykonano na podstawie próby spęczania na prasach hydraulicznej i śrubowej w trzech wariantach temperaturowych, dwóch wartościach względnego odkształcenia plastycznego i w dwóch ośrodkach chłodzących po kuciu (woda, powietrze). Analizę uzyskanych wyników z prób wykonano na podstawie oceny wizualnej powierzchni próbek po kuciu. Pojawienie się wad w postaci pęknięć, rozwarstwień lub innych oznak utraty spójności materiału dyskwalifikowało próbkę.

In the year 2023, the project team, as part of the implementation of project task No. 1, conducted experimental studies of hot free forging of magnesium alloys cast into metal molds. The tests were performed on the basis of a forging test on hydraulic and screw presses at three temperature variants, two values of relative plastic strain and in two cooling media after forging (water, air). The analysis of the results obtained from the tests was performed on the basis of visual evaluation of the surface of the samples after forging. The appearance of defects in the form of cracks, delamination or other signs of loss of material cohesion disqualified the sample.

Wyniki próby spęczania na prasie śrubowej próbek ze stopu AZ31 <i>Results of screw press free forging test of AZ31 alloy specimens</i>			
Temperatura spęczania <i>Free forging temperature</i> [°C]	Ośrodek chłodzący po kuciu <i>Cooling center after forging</i>	Wartość odkształcenia / <i>Strain value</i>	
		$\varepsilon = \ln(30/15) = 0,7$	$\varepsilon = \ln(30/10) = 1,1$
400	woda / <i>water</i>		
	powietrze / <i>air</i>		

Rysunek 3. Wyniki próby spęczania w temperaturze 400 °C na prasie śrubowej próbek z odlewanego stopu AZ31/
Figure 3. Results of the free forging test at 400 °C on a screw press of cast AZ31 alloy specimens

W 2022 roku zespół projektowy w ramach realizacji zadania projektowego nr 1 opracował koncepcję nowej technologii kucia kół ze stopów magnezu z przedkuwek odlewanych do form metalowych. Koncepcja nowej technologii zostanie ujawniona po zgłoszeniu jej do ochrony do Urzędu Patentowego Rzeczypospolitej Polskiej.

In the year 2022, the project team developed a concept for a new technology for forging magnesium alloy wheels from preform casting into metal molds as part of Work Package 1 of the project. The concept of the new technology will be published after the application for protection to the Patent Office of the Republic of Poland.

W 2022 roku zespół projektowy wykonał przegląd rodzajów i geometrii kół magnezowych. Koła magnezowe można podzielić na kilka rodzajów, w zależności od ich przeznaczenia i zastosowania:

1. **Koła sportowe** - zaprojektowane specjalnie do samochodów sportowych, posiadają lekką konstrukcję i cienkie ramiona, co pozwala na uzyskanie niskiej wagi koła.
2. **Koła off-road** - przeznaczone do jazdy w terenie, charakteryzują się większą wytrzymałością i odpornością na uszkodzenia mechaniczne.
3. **Koła tuningowe** - wykonane z myślą o tuningowaniu samochodów, posiadają niekonwencjonalne wzory i kolory, które pozwalają na wyróżnienie się na drodze.
4. **Koła klasyczne** - odtwarzające wzory z lat 60-tych i 70-tych, posiadają klasyczne sześciennie lub owalne otwory wentylacyjne.

Ze względu na geometrię kół magnezowych można wyróżnia się kilka typów:

1. **Koła jednoczęściowe** - najpopularniejszy typ kół, wykonane w całości z jednego kawałka materiału.
2. **Koła trójczęściowe** - składają się z trzech części: felgi, rantu i środka koła. Pozwala to na łatwiejszą wymianę uszkodzonych elementów i dostosowywanie rozmiaru koła do indywidualnych potrzeb.
3. **Koła pięcioczęściowe** - składają się z pięciu części: felgi, rantu, środka koła, pierścienia centralnego i pokrywy piasty. Są to najbardziej skomplikowane i kosztowne kółka, ale oferują wysoką jakość i wytrzymałość.

W zależności od zastosowanej geometrii, koła magnezowe mogą mieć różne parametry, takie jak **liczbę i rozstaw otworów montażowych, średnicę koła, szerokość felgi, offset, oraz średnicę otworu centrującego**.

In the year 2022, the project team performed a review of magnesium wheel types and geometries. Magnesium wheels can be divided into several types, depending on their purpose and application:

1. **Sports wheels** - designed specifically for sports cars, with a lightweight design and thin spokes, allowing the wheel to be lightweight.
2. **Off-road wheels** - designed for off-road driving, they are characterized by greater strength and resistance to mechanical damage.
3. **Tuning wheels** - made for tuning cars, they have unconventional designs and colors that allow you to stand out on the road.
4. **Classic wheels** - reproducing designs from the 1960s and 1970s, they have classic cubic or oval vents.

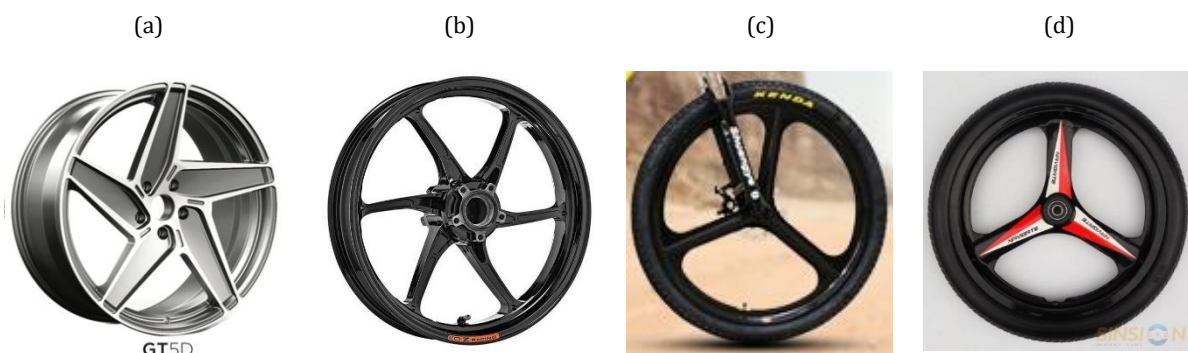
Based on the geometry of magnesium wheels, several types can be distinguished:

1. **One-piece wheels** - the most popular type of wheels, made entirely from a single piece of material.
2. **Three-piece wheels** - consist of three parts: rim, rim and wheel center. This allows for easier replacement of damaged components and customization of wheel size.
3. **Five-piece wheels** - consist of five parts: rim, rim, wheel center, center ring and hub cover. These are the most complex and expensive wheels, but offer high quality and durability.

*Depending on the geometry used, magnesium wheels can have different parameters, such as **the number and spacing of mounting holes, wheel diameter, rim width, offset, and center hole diameter**.*

W 2022 roku zespół projektowy wykonał przegląd aplikacji kół magnezowych stosowanych w różnych gałęziach przemysłu. Obecnie koła magnezowe stosowane są m.in. **w przemyśle lotniczym** np. do produkcji piasty koła w samolotach. Największy udział wykorzystania kół magnezowych można zaobserwować **w przemyśle motoryzacyjnym**. Stopy magnezu w środkach transportu używane są na wszelkiego rodzaju koła pojazdów m.in. **samochodowych, motocykli, rowerów, wózków** itp. Ze względu na swoje unikatowe właściwości, takie jak: lekkość, wysoka zdolność tłumienia drgań i wysoka wytrzymałość właściwa, są atrakcyjnym materiałem do produkcji kół.

*In the year 2022, the project team performed a review of magnesium wheel applications used in various industries. Currently, magnesium wheels are used in the **aerospace industry**, for example, for wheel hubs in aircraft. The largest share of magnesium wheel use can be seen in the **automotive industry**. Magnesium alloys in transportation are used for all sorts of vehicle wheels including **cars, motorcycles, bicycles, wheelchairs**, etc. Due to their unique properties, such as **lightweight, high vibration damping capacity and high specific strength**, they are an attractive material for wheels.*



Rysunek 2. Koła ze stopów magnezu: a) samochodu; b) motocyklu; c) roweru; d) wózka inwalidzkiego/
Figure 2. Magnesium alloys wheels: (a) car; (b) motorbike; (c) bicycle; (d) wheelchair

W 2022 roku zespół projektowy wykonał przegląd materiałów stosowanych na koła magnezowe. Aktualnie koła magnezowe wytwarzane są ze stopów magnezu, które można podzielić na **odlewnicze oraz do przeróbki**

plastycznej. Wśród odlewniczych stopów magnezu można wyróżnić takie gatunki jak: **AZ91, AM50, AM60, AE44, ZK61, ZE41, EZ33, EQ21, WE 43** oraz nowo opracowany stop **Mg-2.96Nd-0.21Zn-0.39Zr**. Wśród stopów magnezu przeznaczonych do przeróbki plastycznej na koła magnezowe można wyróżnić takie gatunki jak: **AZ31, AZ80, ZK60, WE43**.

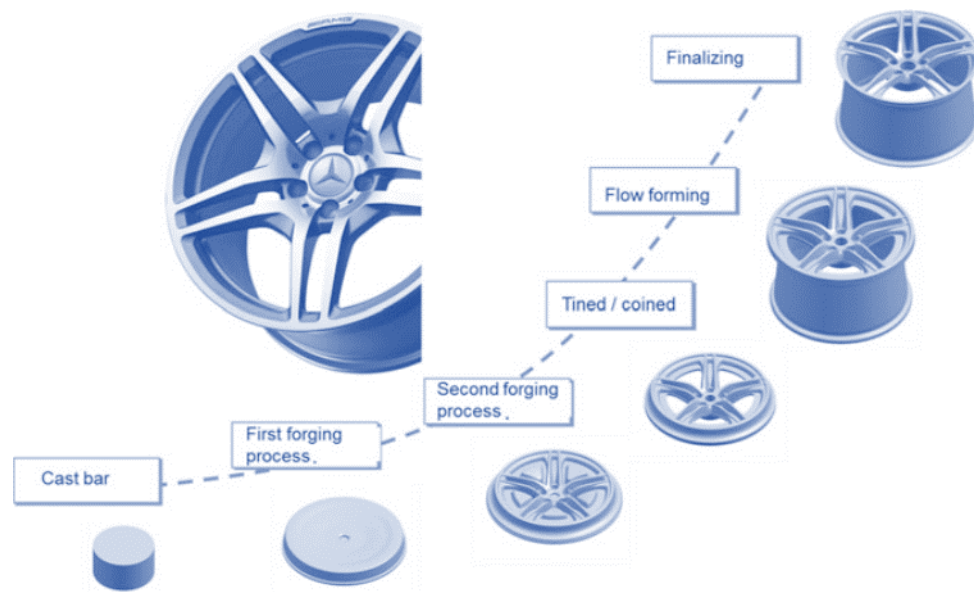
*In the year 2022, the project team performed a review of the materials used for magnesium wheels. Currently, magnesium wheels are manufactured from magnesium alloys, which can be divided into **casting and for metal forming**. The cast magnesium alloys include **AZ91, AM50, AM60, AE44, ZK61, ZE41, EZ33, EQ21, WE 43** and the newly developed **Mg-2.96Nd-0.21Zn-0.39Zr** alloy. The magnesium alloys intended for metal forming into magnesium wheels include **AZ31, AZ80, ZK60, and WE43**.*

W 2022 roku zespół projektowy wykonał przegląd metod wytwarzania kół magnezowych. Aktualnie koła magnezowe wytwarzane są za pomocą następujących technologii: **obróbki skrawaniem** (generowane są duże straty materiałowe); **odlewnia kształtowego** – wyroby kształtowane są prawie na gotowo przy małym udziale obróbki mechanicznej; **kształtowania plastycznego** w tym: kucia matrycowego, wyciskania, walcowania.

Obecnie najczęściej w zastosowaniach przemysłowych są używane koła magnezowe odlewane. Wynika to z ich większej dostępności na rynku związanej z dobrze rozwiniętą technologią odlewania oraz niższą ich ceną. Koła magnezowe odlewane charakteryzują się dużą dokładnością wymiarową. Pomimo, że koła odlewane są tańsze niż wytwarzane metodami obróbki plastycznej, to są cięższe niż koła kute dla danego wymaganego obciążenia. Koła odlewane odznaczają się gorszą jakością w porównaniu z kołami kutymi. Przy użytkowaniu koła magnezowe odlewane mają większą tendencję do pęknięcia podczas silnego uderzenia przy dużej prędkości, zaś koła kute mają większą podatność do wyginania się. Koła magnezowe najczęściej są odkształcane plastycznie wieloetapowo z wsadu w postaci pręta. Realizacja procesu przebiega w kilku operacjach kuźniczych, z wielokrotnym nagrzewem, na wielu zestawach narzędzi, z obróbką cieplną pomiędzy operacjami. Powstałe odkuwki są następnie obrabiane mechanicznie do ostatecznego kształtu koła poprzez usuwanie nadmiaru metalu z kutego półfabrykatu. Kute koła odznaczają się drobnoziarnistą strukturą i lepszymi właściwościami mechanicznymi w odróżnieniu od kół odlewanych. Proces kształtowania plastycznego kół pozwala na ich korzystny przebieg włókien i optymalizację ułożenia wzoru kierunkowego wzdłuż szprych koła. Pomimo, że kute koła magnezowe są o 25 procent lżejsze niż koła odlewane, to są rzadziej stosowane ze względu na ich wysoki koszt produkcji.

*In the year 2022, the project team performed a review of magnesium wheel manufacturing methods. Currently, magnesium wheels are manufactured using the following technologies: **machining** (large material losses are generated); **shaped casting** - products are shaped almost ready with little mechanical processing; **metal forming** including: die forging, extrusion, rolling.*

Today, cast magnesium wheels are most often used in industrial applications. This is due to their greater availability on the market associated with well-developed casting technology and their lower price. Cast magnesium wheels are characterized by high dimensional accuracy. Although cast wheels are cheaper than those produced by forming methods, they are heavier than forged wheels for a given required load. Cast wheels are characterized by lower quality compared to forged wheels. In use, cast magnesium wheels have a greater tendency to break during heavy impact at high speed, while forged wheels are more prone to bending. Magnesium wheels are most often plastically deformed in multiple stages from a rod charge. Realization of the process takes place in several forging operations, with multiple heats, on multiple tool sets, and with heat treatment between operations. The resulting forgings are then machined into the final wheel shape by removing excess metal from the forged blank. Forged wheels are characterized by a fine-grained structure and better mechanical properties in contrast to cast wheels. The process of forming forged wheels allows them to have a favorable grain pattern and optimize the alignment of the directional pattern along the spokes of the wheel. Although forged magnesium wheels are 25 percent lighter than cast wheels, they are less commonly used due to their high production cost.



Rysunek 1. Wieloetapowy proces kucia kół ze stopów magnezu/
Figure 1. The multi-step process of forging magnesium alloy wheels
(Leister G. Wheels. In: Passenger Car Tires and Wheels. Springer, 2018, Cham).